

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 780 147

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

99 08326

⑤1 Int Cl⁶ : F 25 J 3/04

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 29.06.99.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 24.12.99 Bulletin 99/51.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés : Division demandée le 29/06/99 béné-
ficiant de la date de dépôt du 06/02/98 de la
demande initiale n° 98 01434.

⑦1 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE-
DES GEORGES CLAUDE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : GUILLARD ALAIN, LE BOT PATRICK,
TSEVERY JEAN MARC, BRACQUE GILLES et ROUS-
SEAU BENOIT.

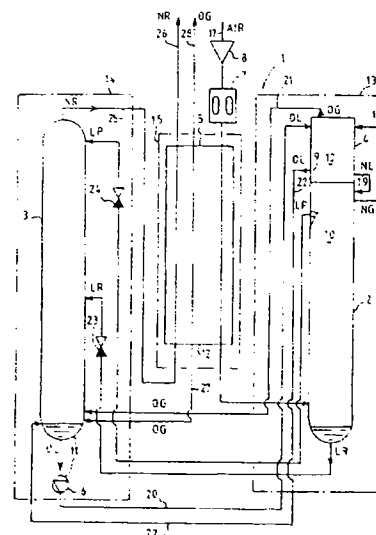
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

⑤4 INSTALLATION DE DISTILLATION D'AIR ET BOITE FROIDE CORRESPONDANTE.

⑤7 Cette installation (1) comprend au moins trois ensem-
bles (10, 11, 12). Le premier ensemble (10) comprend une
colonne moyenne pression (2). Le deuxième ensemble
comprend une colonne basse pression (3). Le troisième en-
semble (12) comprend une ligne d'échange thermique (5)
pour refroidir l'air à distiller. L'installation (1) comprend au
moins un moyen (6) de remontée liquide pour faire circuler
un liquide entre une desdites colonnes (3) et le vaporiseur-
condenseur (4). Lesdits trois ensembles (10, 11, 12) sont
disposés l'un à côté de l'autre avec leurs centres formant,
en vue de dessus, sensiblement un triangle ou un L, ou sen-
siblement une ligne. Le troisième ensemble (12) est disposé
à proximité du deuxième ensemble (11) pour limiter les per-
tes de charge entre la ligne d'échange thermique (5) et la
colonne basse pression (3).

Application à la distillation d'air par des colonnes à gar-
nissages intérieurs structurés.



FR 2 780 147 - A1



La présente invention concerne une installation de distillation d'air du type comprenant au moins une colonne moyenne pression, une colonne basse pression et un vaporisateur-condenseur, la colonne moyenne pression étant raccordée à une conduite d'amenée d'air à distiller et le vaporisateur-condenseur mettant en relation d'échange thermique des fluides de la tête de la colonne moyenne pression et de la cuve de la colonne basse pression.

L'invention s'applique en particulier aux installations de distillation d'air à colonnes de distillation munies de garnissages structurés, par exemple du genre « ondulé-croisé ».

De tels garnissages structurés apportent, par rapport aux plateaux de distillation traditionnels, un avantage important du point de vue de la perte de charge, et par suite permettent d'importantes économies de fonctionnement des installations de distillation d'air.

En revanche, à nombres de plateaux théoriques égaux, la hauteur d'une colonne de distillation à garnissage structuré est nettement supérieure à celle d'une colonne à plateaux.

Les hauteurs importantes des doubles colonnes de distillation à garnissages structurés, par exemple de l'ordre de 60 m, posent de nombreux problèmes.

Ainsi, d'une part, leurs constructions en paquets préassemblés en atelier et destinés à être transportés sur le site industriel de l'installation peut être difficile, voire impossible.

D'autre part, l'érection de ces doubles colonnes sur site impose l'utilisation de moyens de levage importants et la mise en place de dispositions particulières de sécurité préservant la sécurité des personnes, notamment en raison des hauteurs auxquelles elles sont amenés à travailler.

En outre, la tenue au vent et aux séismes de ces doubles colonnes érigées et entourées de leurs enveloppes

d'isolation thermique nécessite la mise en place de moyens coûteux.

Enfin, les dimensions de ces doubles colonnes érigées engendrent des problèmes de dilatation thermique non-
5 uniforme lorsqu'elles sont ensoleillées.

L'invention a pour but de résoudre ces problèmes en fournissant en particulier une installation du type précité, de construction plus aisée et moins onéreuse.

A cet effet, l'invention a pour objet une installation de distillation d'air du type précité, caractérisée
10 en ce qu'elle comprend au moins deux ensembles disposés l'un à côté de l'autre, à savoir un premier ensemble comprenant la colonne moyenne pression et un deuxième ensemble comprenant la colonne basse pression, et en ce que l'installation
15 comprend au moins un moyen de remontée de liquide pour faire circuler un liquide entre une desdites colonnes et le vaporiseur-condenseur.

Selon des modes particuliers de réalisation de l'invention, l'installation peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou
20 selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- au moins une desdites colonnes est munie d'un garnissage intérieur structuré ;
- les colonnes moyenne pression et basse pression sont
25 réalisées chacune en un seul tronçon ;
- l'installation comporte un troisième ensemble, qui comprend une ligne d'échange thermique pour refroidir l'air à distiller, et en ce que lesdits trois ensembles sont disposés l'un à côté de l'autre ;
- 30 - le vaporiseur-condenseur est disposé avec sa partie inférieure sensiblement au même niveau que l'extrémité supérieure de la colonne moyenne pression, et le moyen de remontée de liquide comprend un moyen pour envoyer de l'oxygène liquide de la cuve de la colonne basse pression vers le va-
35 poriseur-condenseur ;

- le vaporiseur-condenseur appartient audit premier ensemble et surmonte la colonne moyenne pression ;
- le vaporiseur-condenseur surmonte la ligne d'échange thermique ;
- 5 - le vaporiseur-condenseur est disposé sensiblement au même niveau que la cuve de la colonne basse pression, et le moyen de remontée de liquide comprend un moyen pour envoyer de l'azote liquide du vaporiseur-condenseur vers la tête de la colonne moyenne pression ;
- 10 - le vaporiseur-condenseur appartient audit deuxième ensemble, et la colonne basse pression surmonte le vaporiseur-condenseur ;
- le vaporiseur-condenseur est disposé sous la ligne d'échange thermique ;
- 15 - le vaporiseur-condenseur appartient audit troisième ensemble, et le troisième ensemble est entouré par une enveloppe d'isolation thermique commune au moins au vaporisateur-condenseur et à la ligne d'échange thermique ;
- la ligne d'échange thermique et le vaporiseur-
20 condenseur sont entourés par des enveloppes d'isolation thermiques distinctes ;
- le vaporiseur-condenseur est un vaporiseur-condenseur du genre à ruissellement d'oxygène liquide ;
- ledit troisième ensemble est disposé à proximité
25 dudit deuxième ensemble pour limiter les pertes de charge, entre la ligne d'échange thermique et la colonne basse pression, dans des canalisations qui les relient ;
- les centres desdits premier, deuxième, et troisième ensembles forment, en vue de dessus, sensiblement un triangle ou un L, ou sensiblement une ligne ;
- 30 - chacun desdits ensembles est entouré par une enveloppe d'isolation thermique individuelle pour former chacun une boîte froide individuelle ;
- au moins deux desdits ensembles sont entourés par une
35 enveloppe d'isolation thermique commune et le dernier ensem-

ble est entouré par une enveloppe d'isolation thermique individuelle, pour former deux boîtes froides ;

- le premier et le deuxième ensembles sont entourés par une enveloppe d'isolation thermique commune ;

5 - les trois ensembles sont entourés d'une enveloppe d'isolation thermique commune pour former une boîte froide unique ;

 - l'installation comporte également un quatrième ensemble qui comprend une colonne de production d'argon, et ce
10 quatrième ensemble est disposé à côté des autres ensembles, notamment à proximité dudit deuxième ensemble pour limiter les pertes de charge, entre ladite colonne de production d'argon et la colonne basse pression, dans des canalisations qui les relient ;

15 - le quatrième ensemble est entouré d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle pour former une boîte froide individuelle ;

 - la colonne de production d'argon est réalisée en au moins deux tronçons entourés tous les deux par ladite enve-
20 loppe d'isolation thermique individuelle ;

 - la colonne de production d'argon est formée en au moins deux tronçons disposés l'un à côté de l'autre et entourés chacun d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle pour former autant de boîtes froides individuelles ;

25 - l'installation comporte en outre un cinquième ensemble qui comprend une colonne de mélange d'un gaz et d'un liquide, et ce cinquième ensemble est disposé à côté des autres ensembles, notamment à proximité dudit troisième ensemble, pour limiter les pertes de charge, entre la colonne de
30 mélange et la ligne d'échange thermique, dans des canalisations qui les relient ;

 - le cinquième ensemble est entouré d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle pour former une boîte froide individuelle ;

- chacun desdits ensembles a une hauteur inférieure ou égale à environ 30 m ; et

- l'installation comprend au moins deux ensembles reliés par une canalisations sous une pression voisine de la basse pression, et ces ensembles sont disposés à proximité les uns des autres pour limiter les pertes de charge dans cette ou ces canalisations.

L'invention a enfin pour objet une boîte froide comprenant au moins une structure de confinement d'un fluide cryogénique et au moins une enveloppe d'isolation thermique entourant cette structure, caractérisée en ce que la boîte froide est une boîte froide destinée à la construction d'une installation.

Selon des modes particuliers de réalisation de l'invention, la boîte froide peut comprendre l'une ou les caractéristiques suivantes :

- elle a une hauteur inférieure ou égale à environ 30 m ; et

- elle est construite en atelier et est destinée à être transportée sur un site de construction d'une installation de distillation d'air.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un premier mode de réalisation d'une installation de distillation d'air selon l'invention,

- la figure 2A est une vue schématique de dessus de l'installation de la figure 1,

- les figures 2B à 2E sont des vues analogues à la figure 2A, illustrant des variantes de l'installation de la figure 1,

- la figure 3 est une vue analogue à la figure 1, illustrant un deuxième mode de réalisation d'une installation de distillation d'air selon l'invention,
- la figure 4A est une vue schématique de dessus de l'installation de la figure 3,
- les figures 4B et 4C sont des vues analogues à la figure 4A, illustrant des variantes de l'installation de la figure 3,
- la figure 4D est une vue schématique en élévation de l'installation de la figure 4C,
- les figures 5A à 5C sont des vues analogues à la figure 2A, illustrant des variantes d'un troisième mode de réalisation d'une installation de distillation d'air selon l'invention,
- les figures 6A à 6C et 7 sont des vues analogues à la figure 2A, illustrant respectivement trois variantes d'un quatrième mode de réalisation et un cinquième mode de réalisation d'une installation de distillation d'air selon l'invention, et
- les figures 8 et 9 sont des vues analogues à la figure 4D, illustrant respectivement un sixième et un septième modes de réalisation d'une installation de distillation d'air selon l'invention.

La figure 1 représente une installation 1 de distillation d'air comprenant essentiellement une colonne moyenne pression 2, une colonne basse pression 3, un vaporiseur-condenseur 4, une ligne principale d'échange thermique 5, une pompe 6, un appareil 7 d'épuration d'air par adsorption et un compresseur d'air principal 8.

Les colonnes 2 et 3 sont à garnissages structurés, par exemple du genre « ondulé-croisé », et elles sont réalisées chacune en un seul tronçon. Un exemple d'un tel garnissage est décrit dans le document US-A-5 262 095.

Le vaporiseur-condenseur 4, mettant en relation d'échange thermique les fluides de la tête de la colonne 2

et de la cuve de la colonne 3, comme décrit ci-dessous, est du genre à ruissellement d'oxygène liquide.

5 Ce vaporiseur-condenseur 4 comprend classiquement un échangeur de chaleur formé d'un assemblage de plaques parallèles délimitant entre elles des passages de forme générale plane contenant des ondes-entretoises dont les génératrices sont verticales sur l'essentiel de la hauteur des passages.

10 Certains des passages de cet échangeur sont affectés à la circulation d'azote gazeux de tête de la colonne moyenne pression 2. A leur traversée, cet azote gazeux se condense. Les autres passages sont affectés au ruissellement d'oxygène liquide de cuve de la colonne basse pression 3, pour provoquer sa vaporisation par échange de chaleur indirect avec l'azote gazeux de tête de la colonne moyenne pression 2 se condensant. Le ruissellement de l'oxygène liquide est tel qu'un excès d'oxygène liquide est obtenu à une sortie inférieure 9 du vaporiseur-condenseur 4.

20 La ligne principale d'échange thermique 5, représentée très schématiquement, comprend classiquement plusieurs échangeurs de chaleur disposés en série et/ou en parallèle.

L'installation 1 comprend trois ensembles disposés l'un à côté de l'autre (figure 2A), à savoir un premier ensemble 10 comprenant la colonne moyenne pression 2 et le vaporiseur-condenseur 4 qui surmonte cette dernière, un deuxième ensemble 11 comprenant la colonne basse pression 3 et la pompe 6, et un troisième ensemble 12 comprenant la ligne principale d'échange thermique 5.

30 Ces trois ensembles 10, 11 et 12 sont entourés chacun par une enveloppe d'isolation thermique individuelle 13, 14, 15, et forment ainsi trois boîtes froides séparées, délimitées chacune par une des enveloppes 13, 14, 15 et portant la même référence numérique.

Le troisième ensemble 12 est disposé entre les deux premiers ensembles 10 et 11. Les centres des trois ensembles 10, 11 et 12, repérés par des croix sur la figure 2A, forment sensiblement une ligne.

5 En fonctionnement, de l'air gazeux, amené par une conduite 17, est comprimé à une moyenne pression par le compresseur 8, puis épuré en eau et en CO₂ par adsorption à la traversée de l'appareil 7. Cet air épuré est ensuite refroidi à la traversée de la ligne d'échange thermique 5 puis in-
10 troduit, au voisinage de son point de rosée, en cuve de la colonne moyenne pression 2.

Une conduite 18 permet d'envoyer de l'azote gazeux depuis la tête de la colonne moyenne pression 2 vers une entrée supérieure du vaporiseur-condenseur 4. Une conduite 19
15 permet de renvoyer, d'une sortie inférieure du vaporiseur-condenseur 4 vers la tête de la colonne moyenne pression 2, l'azote condensé. L'oxygène liquide à vaporiser est prélevé en cuve de la colonne basse pression 3 et est acheminé vers une entrée supérieure du vaporiseur-condenseur 4, par une
20 conduite 20 munie de la pompe 6. Une majeure partie de l'oxygène pompé est vaporisé puis renvoyé, par une conduite 21, en cuve de la colonne basse pression 3.

L'oxygène liquide en excès après ruissellement est renvoyé, par une conduite 22 raccordée à la sortie 9, en
25 cuve de la colonne basse pression 3.

Du « liquide riche » LR (air enrichi en oxygène) est envoyé, de la cuve de la colonne moyenne pression 2, après détente dans une vanne de détente 23, vers un niveau intermédiaire de la colonne basse pression 3.

30 Du « liquide pauvre » LP (azote à peu près pur) est envoyé, de la tête de la colonne moyenne pression 2, et après détente dans une vanne de détente 24, vers la tête de la colonne basse pression 3.

De l'azote impur ou « résiduaire » NR, soutiré du
35 sommet de la colonne basse pression 3 via une conduite 25,

est réchauffé dans la ligne d'échange thermique 5 par échange de chaleur indirect à contre-courant avec l'air à distiller traversant la ligne 5. Ce gaz NR est évacué par une conduite 26, éventuellement après avoir régénéré l'un
5 des deux adsorbeurs de l'appareil 7.

De l'oxygène gazeux OG, prélevé en cuve de la colonne basse pression 3 via une conduite 27, est réchauffé à la traversée de la ligne d'échange thermique 5, par échange de chaleur indirect à contre-courant avec l'air à distiller
10 circulant dans cette ligne 5, puis distribué par une conduite de production 28.

L'installation 1 est de construction plus aisée et plus économique que celles de l'état de la technique citée en début de description.

15 En effet, les trois boîtes froides 13, 14 et 15, de hauteurs inférieures à 30 m, sont chacune de dimensions verticales et horizontales plus réduites qu'une boîte froide comprenant les colonnes 2 et 3 et le vaporiseur-condenseur 4 l'un au-dessus de l'autre, c'est-à-dire agencés en double
20 colonne classique, ainsi que la ligne d'échange 5.

Ainsi, chacune de ces boîtes froides 13 à 15 peut être préfabriquée en atelier puis transportée sur site, où le nombre d'opérations à effectuer pour terminer la construction de l'installation 1 est limité.

25 De plus, leurs dimensions réduites permettent, d'une part, de limiter l'importance des moyens de levage utilisés pour leur installation sur site et, d'autre part, de réduire les dispositions à mettre en place pour assurer la sécurité des personnes lors du montage et la tenue au
30 vent, aux séismes et à l'ensoleillement des boîtes froides installées sur site.

Enfin, la disposition choisie, avec le deuxième ensemble 11 à proximité du troisième ensemble 12, permet de limiter les pertes de charge dans les conduites basse pression 25 et 27 reliant la colonne 3 à la ligne 5, et ainsi de
35

limiter les besoins de compression et donc d'optimiser les coûts de fonctionnement de l'installation 1.

Comme illustré par les figures 2B à 2E, d'autres dispositions relatives des ensembles 10, 11 et 12, présentant les mêmes avantages que la disposition de la figure 2A, sont possibles en fonction de l'espace disponible sur le site de production.

Ainsi, sur la figure 2B les trois ensembles 10, 11 et 12 sont disposés de manière que leurs centres forment sensiblement une ligne, l'ensemble 11 étant disposé entre les ensembles 10 et 12.

Sur les figures 2C et 2D, les ensembles 10, 11 et 12 sont disposés de manière que leurs centres forment sensiblement un L. L'ensemble 12 est disposé entre les ensembles 10 et 11 sur la figure 2C, et l'ensemble 11 est disposé entre les ensembles 10 et 12 sur la figure 2D.

Sur la figure 2E, les ensembles 10, 11 et 12 sont disposés de manière que leurs centres forment sensiblement un triangle équilatéral.

La figure 3 illustre un deuxième mode de réalisation d'une installation 1 de distillation d'air selon l'invention, se distinguant de celle de la figure 1 par ce qui suit.

Le vaporiseur-condenseur 4 appartient alors au troisième ensemble 12, et est disposé au-dessus de la ligne d'échange thermique 5. La partie inférieure du vaporiseur-condenseur 4 est disposée sensiblement au même niveau que l'extrémité supérieure (en haut sur la figure 3) de la colonne moyenne pression 2.

De plus, une enveloppe commune d'isolation thermique 30 entoure les deuxième et le troisième ensembles 11 et 12 en formant une première boîte froide délimitée par l'enveloppe 30 et portant la même référence numérique. Ainsi, l'installation 1 comprend deux boîtes froides 13 et 30

et permet de réaliser des économies au niveau des enveloppes d'isolation thermique.

Une bonne isolation thermique est assurée entre le bout chaud de la ligne d'échange thermique 5 et la partie inférieure du vaporiseur-condenseur 4, par exemple par la présence d'air et/ou de perlite entre ceux-ci.

Comme représenté sur la figure 4A, les ensembles 10, 11 et 12 sont disposés avec leurs centres formant sensiblement une ligne, dans le même ordre que sur la figure 2A, le vaporiseur-condenseur 4 n'étant pas représenté sur cette figure pour plus de clarté.

De manière analogue au cas de l'installation 1 des figures 1 à 2 E, d'autres dispositions relatives des ensembles 10, 11 et 12 sont possibles comme illustré, à titre d'exemple, par la figure 4B, où les centres des ensembles 10, 11 et 12 forment sensiblement un L.

Dans une autre variante illustrée par les figures 4C et 4D, les premier et deuxième ensembles 10 et 11 sont entourés par une enveloppe d'isolation thermique commune 31 pour former une seule boîte froide portant la même référence numérique.

Le vaporiseur-condenseur 4, non représenté sur la figure 4C pour plus de clarté, est disposé de manière analogue aux cas précédents au-dessus de la ligne d'échange thermique 5 mais ne fait pas partie du troisième ensemble 12.

Le troisième ensemble 12, comprenant la ligne d'échange thermique 5, est entouré d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle 15 pour former une boîte froide individuelle portant la même référence numérique. La vaporiseur-condenseur 4 est entouré d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle 15' pour former une boîte froide individuelle portant la même référence numérique et qui est solidaire de la boîte froide 15. Les trois ensembles 10, 11, 12 sont disposés de manière que leurs centres forment une ligne, le deuxième ensemble 11 étant disposé à

proximité du troisième ensemble 12 et entre les ensembles 10 et 12.

Cette variante permet de réaliser séparément un ensemble de boîtes froides 15 et 15' comprenant tous les échangeurs thermiques et une boîte froide 31 comprenant les colonnes 2 et 3.

Les figures 5A à 5C illustrent un troisième mode de réalisation d'une installation 1 de distillation d'air selon l'invention, se distinguant de celle de la figure 1 par ce qui suit. Les ensembles 10, 11 et 12 sont entourés par une enveloppe d'isolation thermique commune 32 de manière à former une boîte froide unique délimitée par l'enveloppe 32 et portant la même référence numérique. De manière analogue au cas de l'installation 1 des figures 1 à 2E, les dispositions relatives des ensembles 10, 11 et 12 peuvent varier. Ainsi, comme représenté à titre d'exemple sur les figures 5A à 5C, ces ensembles 10, 11 et 12 peuvent être disposés de manière que leurs centres forment sensiblement un L, un triangle équilatéral ou une ligne.

Bien sûr, l'installation peut comprendre d'autres équipements, incorporés ou non dans la ou les boîtes froides formées, comme par exemple des colonnes de distillation, en un ou plusieurs tronçons, participant, par exemple, à la production d'argon, des réservoirs de stockage ou une colonne de mélange d'un gaz et d'un liquide, un vaporiseur-condenseur extérieur, une colonne dite « Etienne », décrite par exemple dans le document US-A-2 699 046, une colonne de production d'argon pratiquement pur par distillation, etc.

Ainsi, la figure 6A illustre schématiquement une installation 1 de distillation d'air analogue à celle de la figure 2E et comportant en outre un quatrième ensemble 33 comprenant essentiellement une colonne 34 de production d'argon impur.

Le quatrième ensemble 33 est entouré d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle 35 pour former une

boîte froide individuelle portant la même référence et de hauteur inférieure à 30 m.

Le quatrième ensemble 33 est disposé à proximité du deuxième ensemble 11 pour limiter les pertes de charges entre les conduites (non représentées) raccordant, de manière classique, la colonne 34 à la colonne basse pression 3.

La figure 6B illustre une variante de l'installation 1 de la figure 6A, se distinguant de cette dernière en ce que la colonne 34 est réalisée en deux tronçons disposés l'un à côté de l'autre, à savoir un premier tronçon 36 alimenté en un mélange ternaire (Ar , N_2 et O_2) issu de la colonne basse pression 3, et un deuxième tronçon 37 dont la cuve est raccordée à la tête du premier tronçon 36. Une telle réalisation en deux tronçons est décrite dans le document EP-A-628 277.

Les tronçons 36 et 37 sont entourés chacun d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle 38, 39 pour former deux boîtes froides individuelles portant les mêmes références numériques et de hauteurs inférieures à 30 m.

Les boîtes froides 13, 14, 38 et 39 sont disposées de manière que leurs centres forment sensiblement un carré, avec la boîte froide 38 disposée à proximité de la boîte froide 14. On limite ainsi les pertes de charge dans les conduites reliant la colonne basse pression 3 au premier tronçon 36 de la colonne 34.

La figure 6C illustre une autre variante de l'installation 1 de la figure 6A se distinguant de celle de la figure 6B en ce que les deux tronçons 36 et 37 de la colonne 34 de production d'argon sont entourés d'une enveloppe commune d'isolation thermique 35, pour former une boîte froide portant la même référence numérique et de hauteur inférieure à 30 m.

La figure 7 illustre un cinquième mode de réalisation d'une installation 1 de distillation d'air selon

l'invention, se distinguant de celle de la figure 6A en ce qu'elle comporte un cinquième ensemble 41 qui comprend une colonne 42 de mélange d'un liquide et d'un gaz.

Une colonne de mélange est une structure cryogénique de confinement de fluide pour mélanger un gaz et un liquide, par exemple comme décrit dans le document FR-B-2 143 986 au nom de la Demanderesse, de l'air gazeux et de l'oxygène liquide sous la moyenne pression.

Les centres des ensembles 10, 11, 41 et 12 forment sensiblement un losange.

Le cinquième ensemble 41 est disposé côte à côte avec tous les ensembles 10, 11, 12 et 33, et à proximité du troisième ensemble 12.

Les pertes de charge sont ainsi limitées dans les conduites qui raccordent fonctionnellement de manière classique la ligne d'échange thermique 5 et la colonne de mélange 41 pour produire de l'oxygène impur.

Bien sûr, d'autres dispositions relatives des ensembles de ces quatrième et cinquième modes de réalisation, limitant également les pertes de charges, en particulier des conduites basse pression, sont possibles, par exemple à partir des configurations illustrées par les figures 2A à 2E, 4A à 4C et 5A à 5C.

La figure 8 illustre schématiquement un sixième mode de réalisation d'une installation 1 de distillation d'air, se distinguant de celle de la figure 3 par ce qui suit.

Le vaporiseur-condenseur 4 est un vaporiseur-condenseur à bain disposé sous la ligne d'échange thermique 5, sensiblement au même niveau que la cuve de la colonne basse pression 3.

Le transfert d'oxygène liquide de la cuve de la colonne basse pression 3 vers le vaporiseur-condenseur 4 est assuré hydrostatiquement, sans que la présence d'une pompe ne soit nécessaire sur la conduite 20.

En revanche, une pompe 45 est disposée dans la conduite 19 pour remonter l'azote liquide depuis la partie inférieure du vaporiseur-condenseur 4 vers la tête de la colonne moyenne pression 2.

5 La figure 9 illustre schématiquement un septième mode de réalisation d'une installation 1 de distillation d'air, se distinguant de celle de la figure 8 par ce qui suit.

10 Le vaporiseur-condenseur 4 appartient au deuxième ensemble 11 et la colonne basse pression 2 surmonte le vaporiseur-condenseur 4.

Dans tous les modes de réalisation décrits précédemment, les moyennes pressions sont supérieures aux basses pressions.

15 Ainsi, les pressions de fonctionnement des colonnes moyenne pression 2 et basse pression 3 peuvent être typiquement comprises respectivement entre environ 5 et 7 bars et entre environ 1 et 2 bars. Toutefois, elles peuvent également être en dehors de ces plages et valoir respectivement
20 environ 15 et environ 5 bars.

REVENDEICATIONS

1. Installation (1) de distillation d'air du type comprenant au moins une colonne moyenne pression (2), une colonne basse pression (3) et au moins un vaporiseur-condenseur (4), la colonne moyenne pression (2) étant raccordée à au moins une conduite (17) d'amenée d'air à distiller et le vaporiseur-condenseur (4) mettant en relation d'échange thermique des fluides de la tête de la colonne moyenne pression (2) et de la cuve de la colonne basse pression (3), et au moins deux ensembles (10, 11) disposés l'un à côté de l'autre, à savoir un premier ensemble (10) comprenant la colonne moyenne pression (2) et un deuxième ensemble (11) comprenant la colonne basse pression (3), l'installation (1) comprenant au moins un moyen (6 ; 45) de remontée liquide pour faire circuler un liquide entre une desdites colonnes (3 ; 2) et le vaporiseur-condenseur (4), et un troisième ensemble (12), qui comprend une ligne d'échange thermique (5) pour refroidir l'air à distiller, lesdits trois ensembles (10, 11, 12) étant disposés l'un à côté de l'autre, caractérisée en ce que ledit troisième ensemble (12) est disposé à proximité dudit deuxième ensemble (11) pour limiter les pertes de charge entre la ligne d'échange thermique (5) et la colonne basse pression (3), dans des canalisations (25, 27) qui les relient, et les centres desdits premier (10), deuxième (11), et troisième (12) ensembles forment, en vue de dessus, sensiblement un triangle ou un L, ou sensiblement une ligne.

2. Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'au moins une desdites colonnes (2, 3) est munie d'un garnissage intérieur structuré.

3. Installation selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les colonnes moyenne pression (2) et basse pression (3) sont réalisées chacune en un seul tronçon.

4. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur

(4) est disposé avec sa partie inférieure sensiblement au même niveau que l'extrémité supérieure de la colonne moyenne pression (2), et en ce que le moyen de remontée de liquide comprend un moyen (6) pour envoyer de l'oxygène liquide de la cuve de la colonne basse pression (3) vers le vaporiseur-condenseur (4).

5. Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur (4) appartient audit premier ensemble (10) et surmonte la colonne moyenne pression (2).

6. Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur (4) surmonte la ligne d'échange thermique (5).

7. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur (4) est disposé sensiblement au même niveau que la cuve de la colonne basse pression (3), et en ce que le moyen de remontée de liquide comprend un moyen (45) pour envoyer de l'azote liquide du vaporiseur-condenseur (4) vers la tête de la colonne moyenne pression (2).

8. Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur (4) appartient audit deuxième ensemble (11), et en ce que la colonne basse pression (3) surmonte le vaporiseur-condenseur (4).

9. Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur (4) est disposé sous la ligne d'échange thermique (5).

10. Installation selon l'une quelconque des revendications 4, 6, 7 et 9, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur (4) appartient audit troisième ensemble (12), et en ce que le troisième ensemble (12) est entouré par une enveloppe (30) d'isolation thermique commune au moins au vaporisateur-condenseur (4) et à la ligne d'échange thermique (5).

11. Installation selon l'une quelconque des revendications 4, 6, 7 et 9, caractérisée en ce que la ligne d'échange thermique (5) et le vaporiseur-condenseur (4) sont entourés par des enveloppes d'isolation thermiques distinctes (15, 15').

12. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que le vaporiseur-condenseur (4) est un vaporiseur-condenseur du genre à ruissellement d'oxygène liquide.

13. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que chacun desdits ensembles (10, 11, 12) est entouré par une enveloppe d'isolation thermique individuelle (13, 14, 15) pour former chacun une boîte froide individuelle.

14. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce qu'au moins deux (11, 12 ; 10, 11) desdits ensembles (10, 11, 12) sont entourés par une enveloppe d'isolation thermique commune (30 ; 31) et le dernier ensemble (10 ; 12) est entouré par une enveloppe d'isolation thermique individuelle (13), pour former deux boîtes froides.

15. Installation selon la revendication 14, caractérisée en ce que le premier (10) et le deuxième (11) ensembles sont entourés par une enveloppe d'isolation thermique commune (31).

16. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que les trois ensembles (10, 11, 12) sont entourés d'une enveloppe d'isolation thermique commune (32) pour former une boîte froide unique.

17. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisée en ce qu'elle comporte également un quatrième ensemble (33) qui comprend une colonne (34) de production d'argon, et en ce que ce quatrième ensemble (33) est disposé à côté des autres ensembles (10, 11, 12), notamment à proximité dudit deuxième ensemble (11) pour limiter

les pertes de charge, entre ladite colonne (34) de production d'argon et la colonne basse pression (3), dans des canalisations qui les relient.

18. Installation selon la revendication 17, caractérisée en ce que le quatrième ensemble est entouré d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle (35) pour former une boîte froide individuelle (35).

19. Installation selon la revendication 17, caractérisée en ce que la colonne (34) de production d'argon est réalisée en au moins deux tronçons (36, 37) entourés tous les deux par ladite enveloppe d'isolation thermique individuelle (35).

20. Installation selon la revendication 17, caractérisée en ce que la colonne (34) de production d'argon est formée en au moins deux tronçons (36, 37) disposés l'un à côté de l'autre et entourés chacun d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle (38, 39) pour former autant de boîtes froides individuelles.

21. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 20, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre un cinquième ensemble (41) qui comprend une colonne (42) de mélange d'un gaz et d'un liquide, et en ce que ce cinquième ensemble (41) est disposé à côté des autres ensembles (10, 11, 12, 33), notamment à proximité dudit troisième ensemble (12) pour limiter les pertes de charge, entre la colonne de mélange (42) et la ligne d'échange thermique (5), dans des canalisations qui les relient.

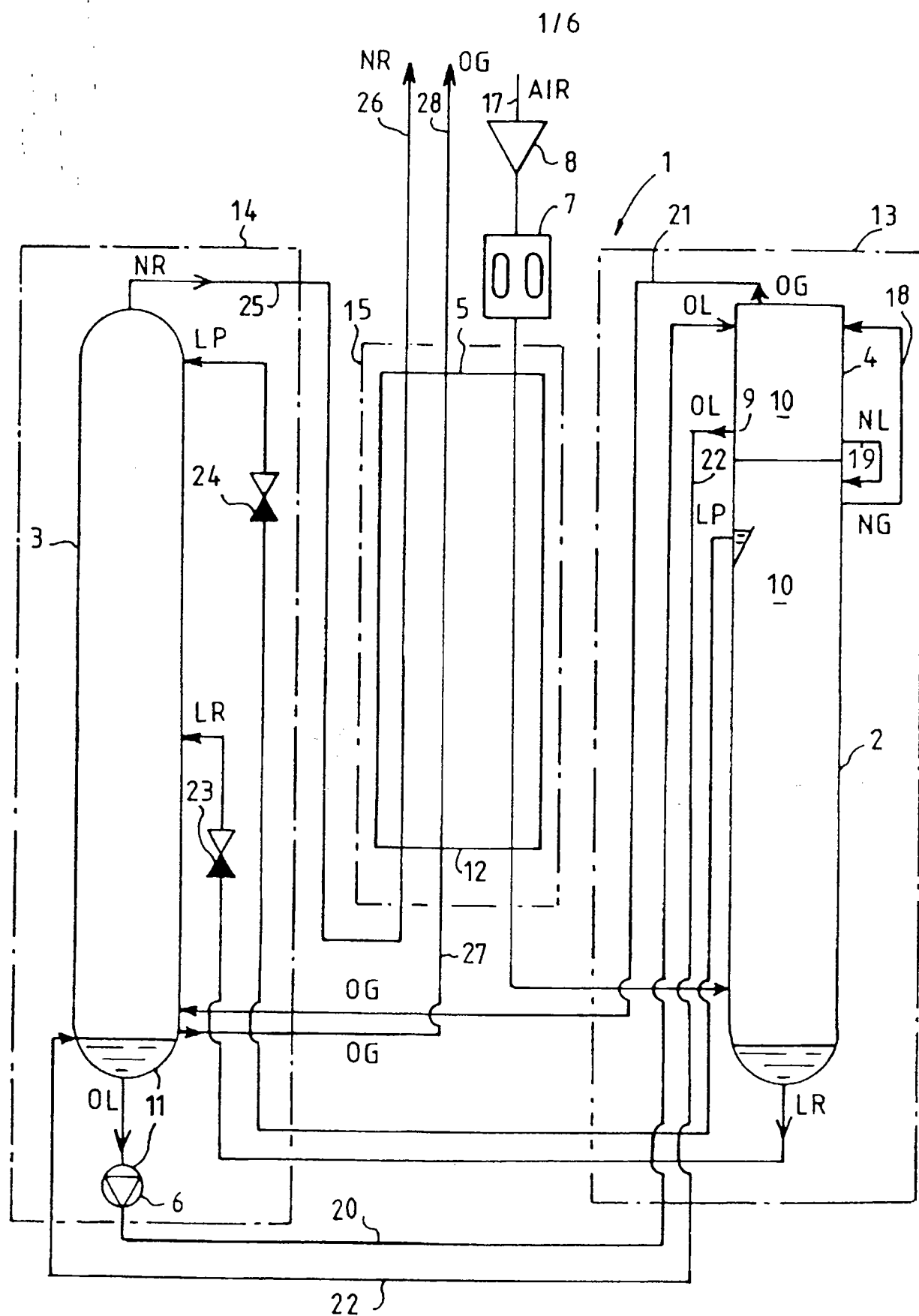
22. Installation selon la revendication 21, caractérisée en ce que le cinquième ensemble (41) est entouré d'une enveloppe d'isolation thermique individuelle (43) pour former une boîte froide individuelle (43).

23. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, caractérisée en ce que chacun desdits ensembles (10, 11, 12, 33, 41) a une hauteur inférieure ou égale à environ 30 m.

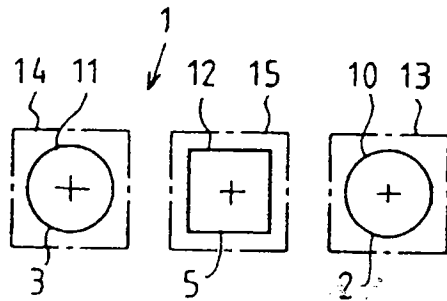
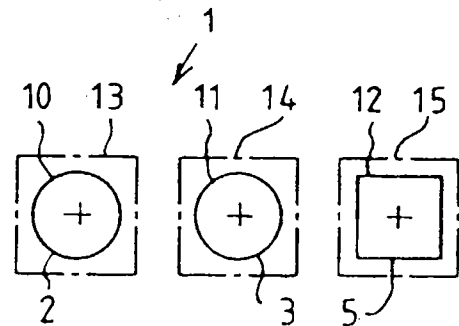
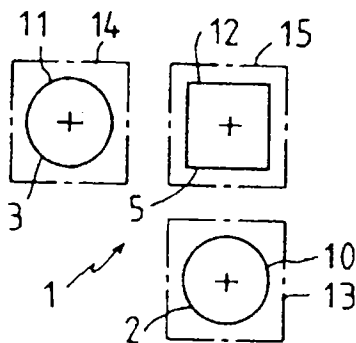
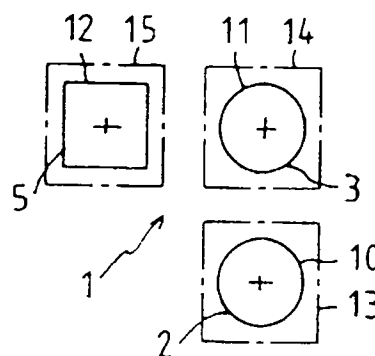
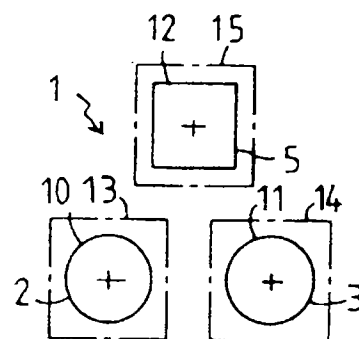
24. Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, comprenant au moins deux ensembles (11, 12, 33) reliés par au moins une canalisation sous une pression voisine de la basse pression, caractérisée en ce que ces ensembles sont disposés à proximité les uns des autres pour limiter les pertes de charge dans cette ou ces canalisations.

25. Boîte froide (13 à 15, 30 à 32, 35, 38, 39, 43) comprenant au moins une structure (2 à 5, 34, 36, 37, 42) de confinement d'un fluide cryogénique et au moins une enveloppe d'isolation thermique entourant cette structure, caractérisée en ce que la boîte froide est une boîte froide destinée à la construction d'une installation selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, 18 à 20 et 22.

26. Boîte froide selon la revendication 25, caractérisée en ce qu'elle est construite en atelier et est destinée à être transportée sur un site de construction d'une installation de distillation d'air.



2 / 6

FIG. 2AFIG. 2BFIG. 2CFIG. 2DFIG. 2E

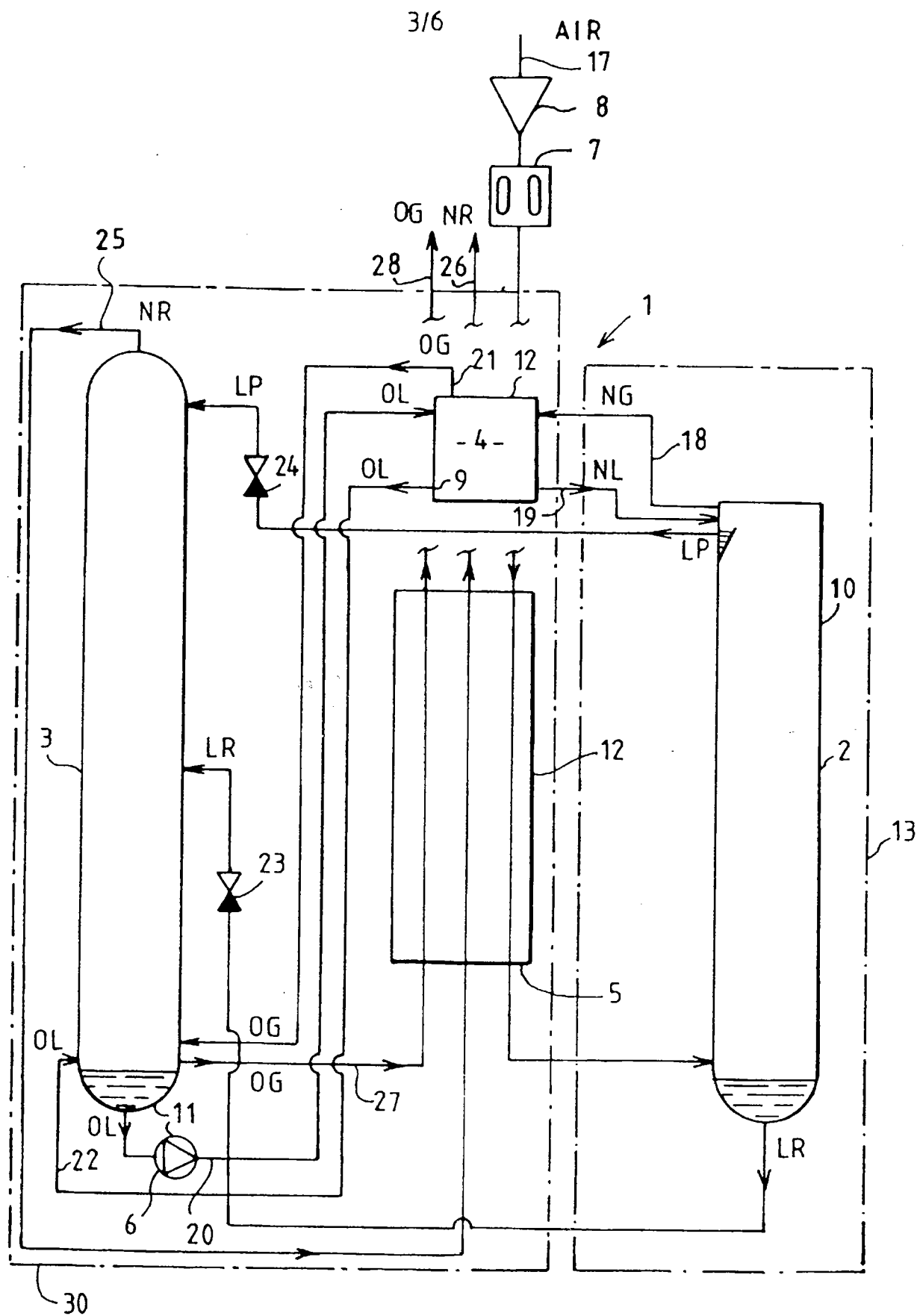
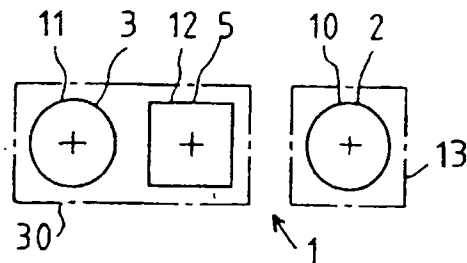
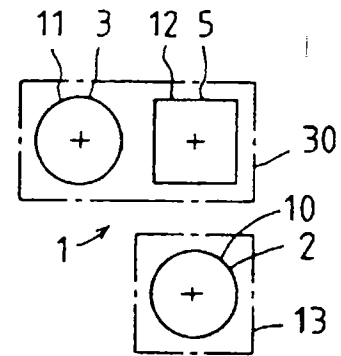
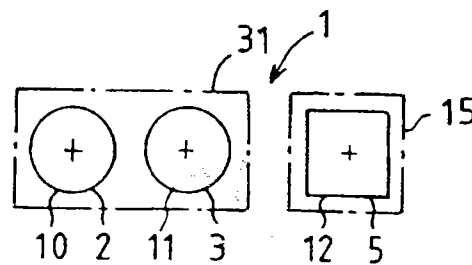
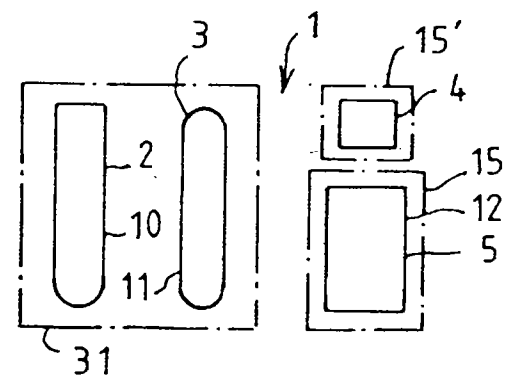
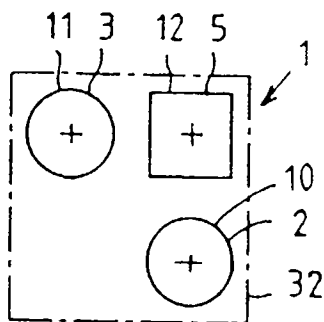
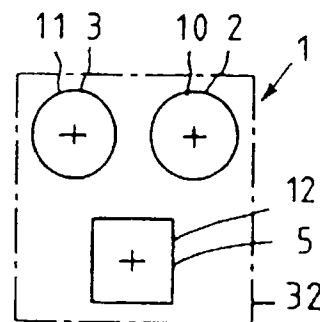
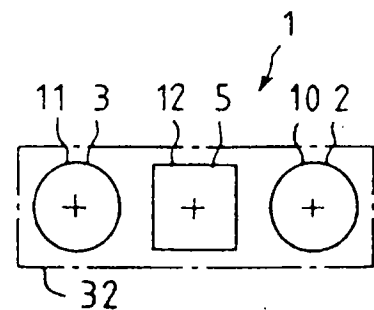
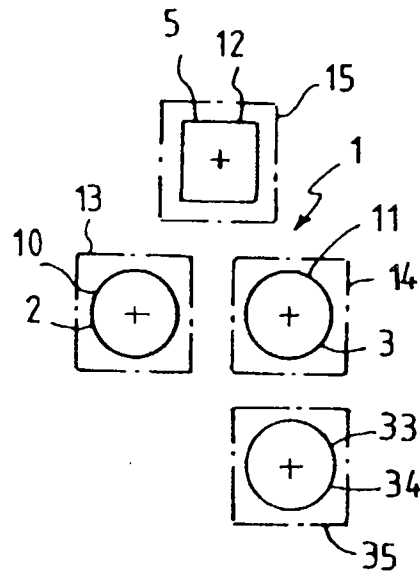
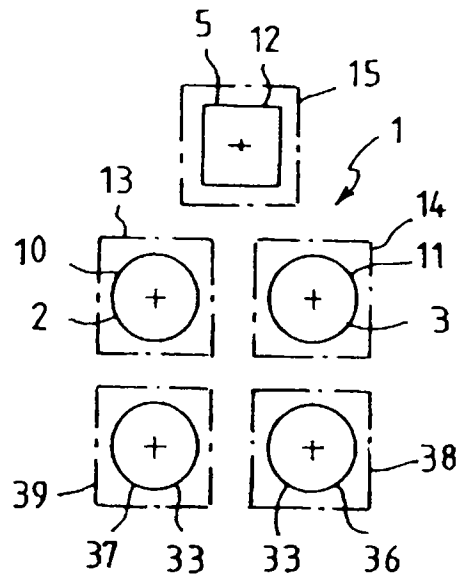
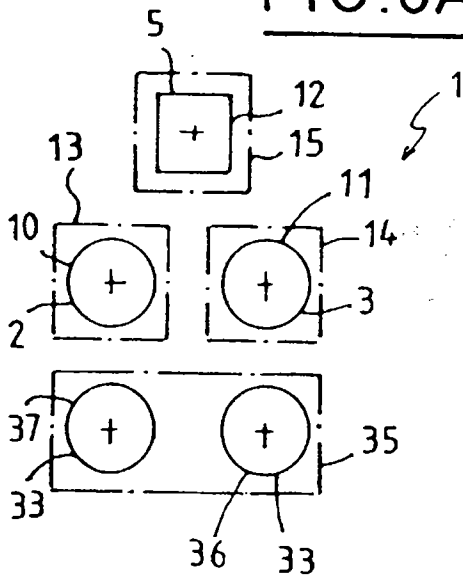
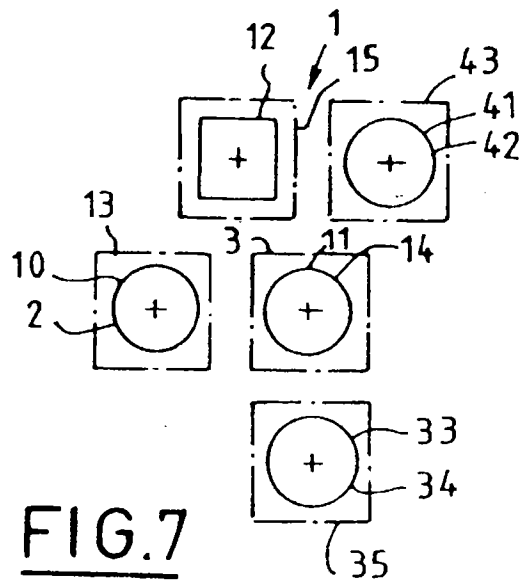
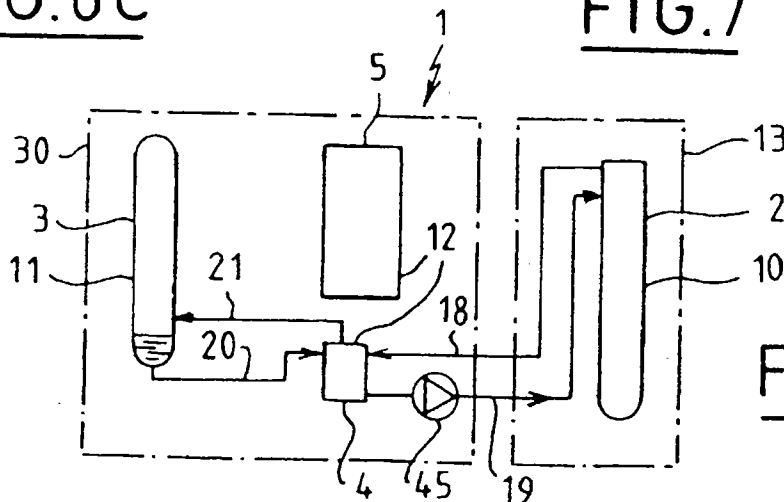


FIG. 3

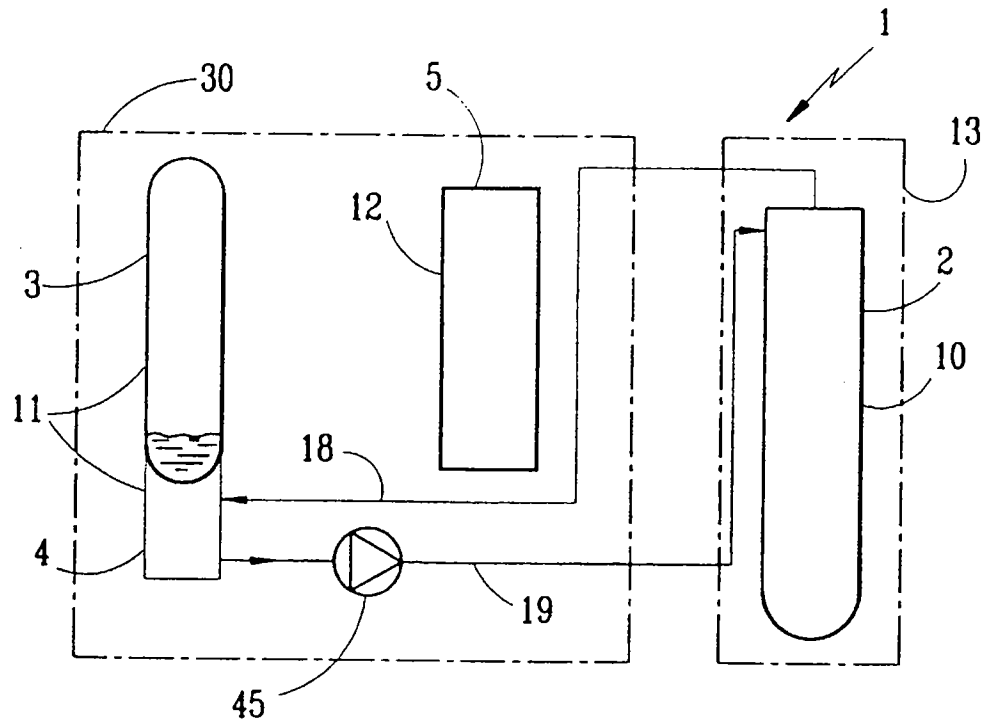
4 / 6

**FIG. 4A****FIG. 4B****FIG. 4C****FIG. 4D****FIG. 5A****FIG. 5B****FIG. 5C**

5 / 6

FIG. 6AFIG. 6BFIG. 6CFIG. 7FIG. 8

6/6

FIG.9

RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

2780147
Brevet d'invention
national
99 08326

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

Documents considérés comme pertinents			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée	Domaines techniques recherchés (INT CL ⁶)
X	US 4 957 523 A (ZARATE ROBERT A ET AL) 18 septembre 1990 * colonne 6, ligne 61 – ligne 67 * * colonne 7, ligne 31 – ligne 37 * * colonne 11, ligne 1 – ligne 16 *	1,2,4,12 16,25	F 25 J
X	JP 05 187764 A (KOBÉ STEEL LTD) 27 juillet 1993 * colonne 4, alinéa 18 ; figures *	1,2,4,5,7,8 17,25	
A		14,15	
X	US 4 006 001 A (SCHONPFLUG EUGEN) 1 février 1977 * le document en entier *	1,2,4,5	
A		7-10	
X	GB 687 008 A (GESELLSCHAFT FÜR LINDE EISMACHINEN A.G.) * page 1, ligne 14 – ligne 34 ; revendications ; figures * * page 1, ligne 63 – ligne 66 * * page 2, ligne 16 – ligne 18 *	1,2,4,5	
A	US 5 408 831 A (GUILLARD ALAIN ET AL) 25 avril 1995 * colonne 3, ligne 14 – ligne 28 *	1,14,15,25	
Date : 28 Septembre 1999		Examineur : VERLAQUE M.C.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date ou qu'à une date postérieure D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

Abstract

Installation for distilling air and the corresponding cold box

Said installation (1) comprises at least three assemblies (10, 11, 12). The first assembly (10) comprises a medium pressure column (2). The second assembly comprises a low pressure column (3). The third assembly (12) comprises a heat exchange line (5) for cooling the air to be distilled. The installation (1) comprises at least one liquid riser means (6) to cause a liquid to be circulated between one of said columns (3) and the vaporizer-condenser (4). Said three assemblies (10, 11, 12) are placed beside one another with their centres forming, when viewed from above, a triangle or L-shape, or approximately a [straight] line. The third assembly (12) is placed close to the second assembly (11) to limit loading losses between the heat exchange line (5) and the low pressure column (3).

Application for distilling air by means of structured columns with interior fittings.

- large column systems 60m height (3500 tons/day?)
- Fig SA - C
MP col, LPCol + $\Delta \pm$ within same cold box
other capacities possible.
- * • each cold box transported individually
- no disclosure of transporting an assembled unit of several cold boxes.

This invention relates to an installation for distilling air of the type comprising at least one medium pressure column, one low pressure column and one vaporizer-condenser, the medium pressure column being connected to a pipe for feeding the air to be distilled and the vaporizer-condenser balancing the heat exchange from the fluids at the head of the medium pressure column and the bottom of the low pressure column.

The invention applies particularly to installation for distilling airs with distillation columns equipped with structured fittings, for example of the "wavy-crossed" type. *pushing 7* *can be compared 7*

Such structured fittings afford, in comparison with conventional distillation levels, a significant benefit from the loss of loading perspective, and thus provide significant savings when operating installation for distilling airs.

In comparison with a number of levels which is theoretically equal, the height of a distillation column with structured fittings is clearly more than that of a column with levels.

The significant height of double distillation columns with structured fittings, *pushing 5* say of the order of 60 m, poses various problems.

First, their construction as pre-assembled packages in the factory, intended to be shipped to the industrial installation site, may be difficult or even impossible. *same problem*

Second, the erection of said double columns on site mandates the use of large lifting means and the establishment of special safety measures to preserve personal safety, mainly owing to the heights at which they have to work.

Moreover, the resistance to wind and earth tremors of said erected double columns, surrounded by their heat insulating jackets

/cont

requires the deployment of costly resources.

Finally, the dimensions of said erected double columns leads to non-uniform thermal expansion problems when they are subjected to solar radiation.

The aim of the invention is to resolve these problems, in particular by providing an installation of the aforementioned type, easier and less burdensome to construct.

To this end, the aim of the invention is [to furnish] an installation for distilling air of the aforementioned type, characterized in that it comprises at least two assemblies placed side by side, to wit a first assembly comprising the medium pressure column and a second assembly comprising the low pressure column, and in which the installation includes at least one means of raising the liquid to cause a liquid to circulate between said columns and the vaporizer-condenser.

*side by side
medium and
low pressure*

Depending on the given method of producing the invention, the installation may include one or more of the following characteristics, taken in isolation or in any of the combinations which are technically possible:

- at least one of said columns is fitted with structured interior fittings;
- each of the medium and low pressure columns is produced as a single section;
- the installation incorporates a third assembly, which includes a heat exchange line to cool the air to be distilled, and in which said three assemblies are placed beside one another;
- the vaporizer-condenser is placed with its lower part approximately at the same level as the top end of the medium pressure column, and the means of lifting the liquid includes a means to send the liquid oxygen from the bottom of the low pressure column to the vaporizer-condenser;

/cont

- the vaporizer-condenser is part of said first assembly and is at the top of the medium pressure column;
- the vaporizer-condenser is above the heat exchange line;
- the vaporizer-condenser is placed approximately at the same level as the bottom of the low pressure column and the means of lifting the liquid includes a means to raise the liquid nitrogen from the vaporizer-condenser to the head of the medium pressure column;
- the vaporizer-condenser is part of said second assembly and the low pressure column is above the vaporizer-condenser;
- the vaporizer-condenser is placed under the heat exchange line;
- the vaporizer-condenser is part of said third assembly, which is surrounded by a heat insulating jacket common to at least the vaporizer-condenser and the heat exchange line;
- the heat exchange line and the vaporizer-condenser are surrounded by individual heat insulating jackets;
- the vaporizer-condenser is of the liquid oxygen stream type;
- said third assembly is placed close to said second assembly to limit loading losses between the heat exchange line and the low pressure column in the piping which connects them;
- the centres termed first, second and third assemblies form, when viewed from above, approximately a triangle or an L-shape, or approximately a [straight] line;
- each of said assemblies is surrounded by an individual heat insulating jacket // ~~so~~ so that each forms an individual cold box;
- at least two of said assemblies are surrounded by a common heat insulating jacket and the final assembly is surrounded by an individual heat insulating jacket, to form two cold boxes;

/cont

- the first and second assemblies are surrounded by a common heat insulating jacket;
- all three assemblies are surrounded by a common heat insulating jacket to form a single cold box;
- the installation also incorporates a fourth assembly which comprises an argon production column, where said fourth assembly is placed beside the other assemblies, specifically close to said second assembly to limit loading losses between said argon production column and the low pressure column in the piping which connects them;
- the fourth assembly is surrounded by an individual heat insulating jacket to form an individual cold box;
- the argon production column is manufactured as at least two sections, both of which are surrounded by said individual heat insulating jacket;
- the argon production column is formed as at least two sections placed side by side, each surrounded by an individual heat insulating jacket to form individual cold boxes instead;
- the installation also incorporates a fifth assembly which comprises a column for mixing a gas and a liquid, where said fifth assembly is placed beside the other assemblies, specifically close to said third assembly, to limit loading losses between the mixing column and the heat exchange line in the piping connecting them;
- the fifth assembly is surrounded by an individual heat insulating jacket to form an individual cold box;

/cont

- each of said assemblies is less than or equal to 30 m in height; and
- the installation comprises at least two assemblies interconnected via piping under pressure close to that of the low pressure column, where said assemblies are placed close to one another to limit loading losses in said piping.

Finally, the purpose of the invention [is to produce] a cold box comprising at least one structure for confining a cryogenic fluid and at least one heat insulating jacket surrounding said structure, characterized in that the cold box is intended for the construction of an installation.

Depending on the given methods of producing the invention, the cold box includes one or more of the following characteristics;

- its height is less than or equal to approximately 30 m;
- it is factory-built and is intended for shipping to a site for the construction of an installation for distilling air.

The invention will be best understood by reading the description which follows, which is given simply for reference and has been compiled by referring to the appended drawings, on which:

- figure 1 is a diagram showing a first method of producing an installation for distilling air according to the invention,
- figure 2A is a plan view of the installation in figure 1,
- figures 2B to 2E are views similar to that in 2A, illustrating variants to figure 2A, illustrating variants of the installation in figure 1.

/cont

- figure 3 is a view similar to that in figure 1, illustrating a second method of producing an installation for distilling air according to the invention,
- figure 4A is a plan view of the installation in figure 3,
- figures 4B and 4C are views similar to that in 4A, illustrating variants of the installation in figure 3,
- figure 4D is an elevation of the installation in figure 4C,
- figures 5A to 5C are views similar to figure 2A, illustrating variants of a third method of producing an installation for distilling air according to the invention,
- figures 6A to 6C and 7 are views similar to that in figure 2A, illustrating respectively three variants of a fourth method, together with a fifth method, of producing an installation for distilling air according to the invention,
- figures 8 and 9 are views similar to that in figure 4D, illustrating respectively a sixth method and a seventh method of producing an installation for distilling air according to the invention.

Figure 1 represents an installation for distilling air 1 comprising fundamentally a medium pressure column 2, a low pressure column 3, a vaporizer-condenser 4, a main heat exchange line 5, a pump 6, an apparatus 7 for purification of air by adsorption, and a main air compressor 8.

Columns 2 and 3 have structured fittings, for example of the "wavy-crossed" type, and each of these is produced as a single section. An example of this fitting is described in the document US-A-5 262 095.

The vaporizer-condenser 4, which balances the heat exchange from the fluids at the head of column 2

/cont

and at the bottom of column 3, as described below, is of the liquid oxygen stream type.

Said vaporizer- condenser 4 consists conventionally of a heat exchanger formed from an assembly of parallel fins delineating between them passages generally plane in shape, containing wave braces whose generators are fundamentally vertical over the height of the passages.

Some of said [heat] exchanger's passages are assigned to circulate gaseous nitrogen from the head of the medium pressure column 2. As it transits these, said gaseous nitrogen condenses. The other passages are assigned to the stream of liquid oxygen from the bottom of the low pressure column 3, to stimulate its vaporization through heat exchange with the gaseous nitrogen from the head of the medium pressure column 2 as the latter condenses. The liquid oxygen stream is such that an excess of liquid oxygen is obtained at an outlet 9 below the vaporizer-condenser 4.

The main heat exchange line 5, represented roughly in the diagram, consists conventionally of a number of heat exchangers placed in series or in parallel.

The installation 1 comprises three assemblies placed side by side (figure 2A), to wit a first assembly 10 consisting of the medium pressure column 2 and the vaporizer-condenser 4, which is above the latter, a second assembly 11 consisting of the low pressure column 3 and the pump 6, and a third assembly 12 consisting of the main heat exchange line 5.

Said three assemblies 10, 11 and 12 are each surrounded by individual heat insulating jackets 13, 14, 15, and thus from three separate boxes, each delineated by one of the jackets 13, 14, 15 and bearing the same reference number.

/cont

The third assembly 12 is placed between the first two assemblies 10 and 11. The centres of the three assemblies 10, 11 and 12, marked by crosses on figure 2A, form an approximate [straight] line.

In operation, air as a gas, fed via a pipe 12, is compressed to a medium pressure by the compressor 8, then purified in water and in CO₂ by adsorption as it transits the heat exchange line 5 and is then introduced close to its dew point into the bottom of the medium pressure column 2.

A pipe 18 is used to send the gaseous nitrogen from the head of the medium pressure column 2 to an input at the top of the vaporizer-condenser 4. A pipe 19 is used to return the condensed nitrogen from a lower outlet on the vaporizer-condenser 4 to the top of the medium pressure column 2. The liquid oxygen to be vaporized is drawn off at the bottom of low pressure column 3 and is routed to an inlet above the vaporizer-condenser 4, via a pipe 20 in which is fitted the pump 6. Much of the oxygen pumped is vaporized and then sent via a pipe 21 to the bottom of the low pressure column 3.

After streaming, the excess oxygen is returned to the bottom of the low pressure column 3 via a pipe 22 connected to the outlet 9.

"Rich liquid" [abbreviated in French to LR, *liquide riche*] is sent from the bottom of the low pressure column 2, after being delayed in a delay valve 23, to an intermediate level of the low pressure column 3.

"Poor liquid" [abbreviated in French to LP, *liquide pauvre*] (almost pure nitrogen) is sent from the head of the medium pressure column 2 to the head of the low pressure column 3, after being delayed in a delay valve 24.

Impure or "residual" nitrogen [abbreviated to NR], withdrawn from the top of the low pressure column 3 via a pipe 25

/cont

is reheated in the heat exchange line 5 by exchanging indirect heat to the contra-flow with the air to be distilled traversing the line 5. Said NR gas is evacuated via a pipe 26, optionally after having regenerated one of the two adsorbers for the apparatus 7.

Gaseous oxygen [abbreviated in French to OG, *oxygène gazeuse*] drawn into the bottom of the low pressure column 3 via a pipe 27, is reheated as it traverses the heat exchange line 5, by exchanging indirect heat to the counter-flow with the air to be distilled circulating in said line 5, and is then distributed via a production pipe 28.

The construction of the installation 1 is easier and less costly than those used in the state of the art quoted at the start of the description.

Indeed, the three cold boxes 13, 14 and 15, lower in height than 30 m, are all smaller horizontally and vertically than a cold box comprising columns 2 and 3., plus the vaporizer-condenser 4, one above the other, to wit placed as a conventional double column, hence the [heat] exchange line 5.

Thus each of said cold boxes 13 to 15 is prefabricated in the factory and then shipped to site, where the number of operations to be performed to complete the construction of the installation is limited.

Moreover, their reduced dimensions first limit the size of the means of lifting used for their installation on site and second reduce the measures to be taken to guarantee the safety of persons during the assembly and the resistance to wind, earth tremors and irradiation of the cold boxes installed on site.

Finally, the chosen configuration, with the second assembly 11 close to the third assembly 12, limits loading losses in the low pressure pipes 25 and 27 connecting column 3 to line 5, and thus

/cont

limits compression requirements and hence optimizes the overheads of installation 1.

As illustrated by figures 2B to 2E, other configurations of the assemblies 10, 11 and 12, offering the same benefits as the configuration in figure 2A, are possible, depending on the available space on the production site.

Thus, on figure 2B the three assemblies 10, 11 and 12 are placed so that their centres form an approximate L shape. The assembly 12 is placed between the assemblies 10 and 11 on figure 2C, and the assembly 11 is placed between the assemblies 10 and 12 on figure 2D.

On figure 2E, the assemblies 10, 11 and 12 are placed such that their centres form an approximately equilateral triangle.

Figure 3 illustrates a second method of producing an installation for distilling air 1 according to the invention, being distinguished from that of figure 1 as follows.

The vaporizer-condenser 4 is then part of the third assembly 12, and is placed above the heat exchange line 5. The lower part of the vaporizer-condenser 4 is placed approximately at the same level as the top end (at the top of figure 3) of the medium column 2.

A common heat insulation jacket 30 also surrounds the second and third assemblies 11 and 12, at the same time forming a first cold box delineated by the jacket 30 and having the same reference number. The installation 1 thus comprises two cold boxes 13 and 30,

/cont

producing savings in heat insulating jackets.

Good heat insulation between the hot end of the heat exchange line 5 and the lower part of the vaporizer-condenser 4 is provided, for example by the presence of air and/or perlite between them.

As depicted on figure 4A, the assemblies 10, 11 and 12 are placed with their centres forming an approximate [straight] line, of the same order as that on figure 2A, as the vaporizer-condenser 4 is not depicted on this figure in order to improve clarity.

As in the case of the installation 1 on figure 1 to 2E, there are other possible arrangements of the assemblies 10, 11 and 12 as illustrated, for example, by figure 4B, where the centres of the assemblies 10, 11 and 12 form an approximate L-shape.

In another version illustrated by figures 4C and 4D, the first and second assemblies 10 and 11 are surrounded by a common heat insulating jacket 31 to form a single cold box having the same reference number.

The vaporizer-condenser 4 which, for improved clarity, is not represented on figure 4C is placed as in the previous cases above the heat exchange line 5 but is not part of third assembly 12.

The third assembly 12, which includes the heat exchange line 5, is surrounded by an individual heat insulating jacket 15 to form an individual cold box with the same reference number, forming an integral part of the cold box 15. The three assemblies 10, 11 and 12 are placed so that their centres form a line, the second assembly 11 being placed

/cont

near to the third assembly 12 and between the assemblies 10 and 12.

The version produces separately an assembly of cold boxes 15 and 15', comprising all the heat exchangers and a cold box 31 comprising columns 2 and 3.

Figures 5A to 5C illustrate a third method of producing an installation for distilling air 1 according to the invention, being distinguished from that in figure 1 as follows. The assemblies 10, 11 and 12 are surrounded by a common heat insulating jacket 32 so as to form a single cold box delineated by the jacket 32, having the same reference number. As with installation 1 in figures 1 to 2E, the arrangements of the assemblies 10, 11 and 12 can vary. Therefore, as depicted for example on figures 5A to 5C, said assemblies 10, 11 and 12 are placed such that their centres form approximately an L, an equilateral triangle or a [straight] line.

Of course, the installation can include other items of equipment, which may or may not be incorporated in the cold box(es) formed, as in the distillation columns, in one or more sections, participating, for example, in the production of argon, storage tanks or a column for mixing a gas or a liquid, an outside vaporizer-condenser, a column termed "Etienne" ["Stephen"], described for example in the document US-A-2 699 046, a column of practically pure argon by distillation, etc.

Therefore, figure 6A is a schematic diagram of an installation for distilling air 1 similar to that in figure 2E, also incorporating a fourth assembly 22, fundamentally comprising a column 34 for the production of impure argon.

The fourth assembly 33 is surrounded by an individual heat insulating jacket 35 to form an

/cont

individual cold box with the same reference and a height less than 30 m.

The fourth assembly 33 is placed close to the second assembly 11 to limit loading losses between the pipes (not depicted) connecting the column 34 to the low pressure column 3 in the normal way.

Figure 6B illustrates a version of the installation 1 in figure 6A, being distinguished from the latter in that the column 34 is produced as two sections placed side by side, to wit a first section 36 fed as a ternary mixture (Ar, N₂ and O₂) output from the low pressure column 3, and a second column 37, the bottom of which is connected to the head of the first section 36. Such an implementation as two sections is described in the document EP-A-628 277.

Each of the sections 36 and 37 is surrounded by an individual heat insulating jacket 38 and 39 to form two individual cold boxes having the same reference numbers, with heights below 30 m.

The cold boxes 13, 14, 38 and 39 are arranged such that their centres approximately form a square, with the cold box 38 placed close to the cold box 14. This limits loading losses in the pipes linking the low pressure column 3 to the first section 36 of column 34.

Figure 6C illustrates another version of the installation 1 from 6A, being distinguished from that in figure 6B in that the two sections 36 and 37 of column 34 for argon production are surrounded by a common heat insulating jacket 35, to form a cold box having the same reference number, with a height of less than 30 m.

Figure 7 illustrates a fifth method of producing an installation for distilling air 1 according

/cont

invention, being distinguished from that in figure 6A in that it incorporates a fifth assembly 41 which includes a column 42 for mixing a liquid and a gas.

A mixing column is a cryogenic structure for confining fluid to mix a gas and a liquid, for example as described in the document FR-B-2 143 986 in the name of the Applicant, gaseous air and liquid oxygen at medium pressure.

The centres of the assemblies 10, 11, 41 and 12 form approximately a diamond shape.

The fifth assembly 41 is placed alongside all the assemblies 10, 11, 12 and 33, close to the third assembly 12.

The loading losses are therefore limited to the pipes which provide the function of connecting the heat exchange line 5 and the mixing column 41 conventionally, to produce impure oxygen.

Of course, other arrangements of the assemblies in said fourth and fifth methods of implementation, also limiting loading losses, in particular from low pressure pipes, are possible, starting for example from the configurations illustrated by figures 2A to 2E, 4A to 4C and 5A to 5C.

Figure 8 illustrates diagrammatically a sixth method of implementing an installation for distilling air 1, being distinguished from that in figure 3 as follows.

The vaporizer-condenser 4 is a vaporizer-condenser with a bath arranged under the heat exchange line 5, at approximately the same level as the bottom of the low pressure column 3.

The liquid oxygen is transferred hydrostatically from the bottom of the low pressure column 3 to the vaporizer-condenser 4, with no need for a pump on the pipe 20.

/cont

However, a pump 45 is placed in the pipe 19 to raise the liquid nitrogen from the lower part of the vaporizer-condenser 4 to the head of the medium pressure column 2.

Figure 9 illustrates diagrammatically a seventh method of implementing an installation for distilling air 1, being distinguished from that in figure 8 as follows.

The vaporizer-condenser 4 is part of the second assembly 11 and the low pressure column 3 is above the vaporizer-condenser 4.

In all the implementation methods described previously, the medium pressures are higher than the low pressures.

Therefore, the operating pressures of the medium pressure columns 2 and the low pressure columns 3 are typically between 5 and 7 bars and between 1 and 2 bars respectively. However, they can be outside these ranges and equal approximately 15 bars and approximately 7 bars respectively.